

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. Mai 2003 (15.05.2003)

PCT

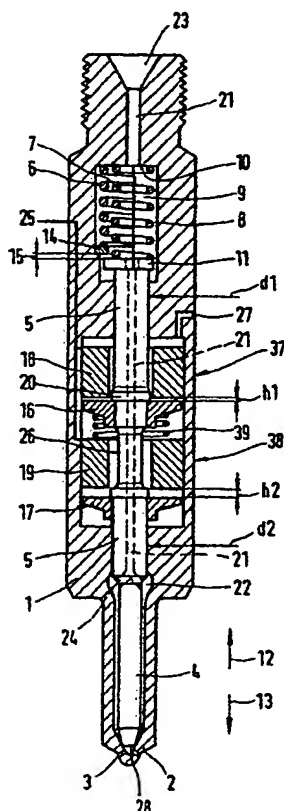
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/040546 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02M 51/06 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/04016 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOFMANN, Karl  
[DE/DE]; Bachstrasse 23/1, 78667 Villingendorf (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 25. Oktober 2002 (25.10.2002) (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, PL, US.  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: 101 55 271.8 9. November 2001 (09.11.2001) DE Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE). — vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMMON-RAMP-INJECTOR

(54) Bezeichnung: COMMON-RAIL-INJEKTOR



(57) Abstract: The invention concerns an injector for high-pressure fuel injection for auto-ignition internal combustion engines, comprising a hollow body (1) provided at one of its ends a valve seat (2) and at least an injection orifice (3). The inventive injector further comprises a needle valve (4) which is arranged in the extension of a valve piston (5) in the injector body (1) and which, when closed, closes at least the injection orifice (3), and at least a spring which maintains the injector closed, when there is no pressure, by pressing the needle valve (4) on the valve seat (2). Said injector comprises at least two magnetic devices for directly opening and closing the injector.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf einen Injektor zur Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen mit einem hohlen Injektorkörper (1), der an seinem einen Ende einen Ventilsitz (2) und mindestens eine Einspritzöffnung (3) umfasst. Ferner enthält der erfindungsgemäße Injektor eine Ventilnadel (4), die in Verlängerung zu einem Ventilkolben (5) in dem Injektorkörper (1) angeordnet ist, so dass sie im geschlossenen Zustand die mindestens eine Einspritzöffnung (3) verschliesst und mindestens eine Feder (6, 7, 8), die den Injektor im drucklosen Zustand durch Drücken der Ventilnadel (4) in den Ventilsitz (2) geschlossen hält. Der Injektor umfasst ferner mindestens zwei Magneteinrichtungen, die zum direkten Öffnen and Schliessen des Injektors dienen.

WO 03/040546 A1



---

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## Common-Rail-Injektor

5

### Technisches Gebiet

Das Common-Rail-Einspritzsystem dient der Einspritzung von Kraftstoff in direkt einspritzende Verbrennungskraftmotoren. Bei diesem Speichereinspritzsystem sind Druckerzeugung und Einspritzung voneinander zeitlich und örtlich entkoppelt. Eine separate Hochdruckpumpe erzeugt den Einspritzdruck in einem zentralen Kraftstoffhochdruckspeicher. Der Einspritzbeginn und die Einspritzmenge werden durch Ansteuerzeitpunkt und -dauer von beispielsweise elektrisch betätigten Injektoren bestimmt, die über Kraftstoffleitungen mit dem Kraftstoffhochdruckspeicher verbunden sind.

15

### Stand der Technik

DE 196 50 865 A1 bezieht sich auf ein Magnetventil zur Betätigung eines Common-Rail-Injektors. In Figur 1 dieser Offenlegungsschrift ist ein solcher Injektor dargestellt. Der Injektor ist direkt mit einem Kraftstoffhochdruckspeicher (Common-Rail) verbunden, der durch eine Hochdruckförderpumpe ständig mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff versorgt wird. Über den magnetventilgesteuerten Injektor wird der Hochdruckkraftstoff dem Brennraum der Brennkraftmaschine zugeführt.

Eine Einspritzung mittels eines Injektors gemäß Figur 1 der DE 196 50 865 A1 verläuft wie folgt: Das Öffnen und Schließen der Ventilnadel wird durch das Magnetventil gesteuert. Im unbestromten Zustand des elektrischen Magnetventils ist eine Ablaufdrossel (A-Drossel), über die der Ventilsteuerraum mit dem Kraftstoffrücklauf verbunden ist, durch das Ventilglied geschlossen. Über eine Zulaufdrossel (Z-Drossel) kann sich dann im Ventilsteuerraum sehr schnell der hohe Druck aufbauen, der auch in dem Kraftstoffhochdruckspeicher ansteht. Der Druck im Ventilsteuerraum erzeugt gemeinsam mit einer Rückholfeder eine Schließkraft auf die Ventilnadel, die größer ist als die andererseits auf die Ventilnadel in Öffnungsrichtung in Folge des anstehenden Hochdrucks wirkenden Kräfte. Wird der Ventilsteuerraum durch Öffnen des Magnetventiles zur Entlastungsseite hin geöffnet, baut sich der Druck in dem geringen Volumen des Ventilsteuerraums sehr schnell ab, da dieser über die A-Drossel von der Hochdruckseite abgekoppelt ist. Infolge dessen überwiegt die auf die Ventilnadel in Öffnungsrichtung hin wirkende Kraft aus dem an der Ventilnadel anstehenden Kraftstoffhochdruck, so dass diese nach oben bewegt und dabei die

-2-

Einspritzöffnungen zur Einspritzung geöffnet werden. Diese indirekte Ansteuerung der Ventalnadel über ein hydraulisches Kraftverstärkersystem wird deshalb eingesetzt, weil die zu einem schnellen Öffnen der Ventalnadel benötigten Kräfte mit dem Magnetventil nicht direkt erzeugt werden können. Die dabei zusätzlich zur eingespritzten Kraftstoffmenge benötigte sogenannte Steuermenge gelangt über die Drossel des Ventilsteuerraums in den Kraftstoffrücklauf.

Die Einspritzmenge wird bei diesem im Stande der Technik verwendeten Common-Rail-System durch die Ansteuerung des Magnetventils, die Abstimmung der Z- zur A-Drossel und die Geometrien des Ventilkolbens und der Ventalnadel bestimmt. Durch die Anzahl der erforderlichen Bauteile wird das System teuer. Ferner ist die Einspritzmenge durch die Beeinflussung der einzelnen Parameter und Toleranzen einer großen Streuung unterworfen.

#### Darstellung der Erfindung

Die erfindungsgemäße Lösung hat den Vorteil, dass Bauteile bei dem Common-Rail-Injektor eingespart werden können, so dass die Kosten reduziert werden. Ferner wird die Zahl der Einflussparameter auf die Einspritzmenge reduziert und die Einspritzmenge genauer gesteuert. Diese Vorteile werden erfindungsgemäß durch einen Injektor zur Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen erreicht, wobei der Injektor einen hohlen Injektorkörper enthält, der an seinem einen Ende einen Ventilsitz und mindestens eine Einspritzöffnung umfasst. Ferner umfasst der erfindungsgemäße Injektor eine Ventalnadel, die in Verlängerung zu einem Ventilkolben in dem Injektorkörper angeordnet ist, so dass sie im geschlossenen Zustand die mindestens eine Einspritzöffnung verschließt und mindestens eine Feder, die den Injektor im drucklosen Zustand durch Drücken der Ventalnadel in den Ventilsitz geschlossen hält. Des weiteren enthält der erfindungsgemäße Injektor mindestens zwei Magneteinrichtungen, die zum direkten Öffnen und Schliessen des Injektors dienen.

Der Aufwand für mindestens zwei Magneteinrichtungen zur direkten Ansteuerung ist dabei deutlich geringer als für eine indirekte Ansteuerung der Ventalnadel über ein hydraulisches Kraftverstärkersystem mit A- und Z-Drossel. Für die Direktansteuerung der Ventalnadel sind Kräfte erforderlich, die bei den gegebenen Abmessungen des Injektors von einer Magneteinrichtung allein nicht aufgebracht werden können. Deshalb umfasst der erfindungsgemäße Injektor mindestens zwei Magneteinrichtungen, die gemeinsam ausreichend große Kräfte zum Öffnen der Ventalnadel aufbringen können.

Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die vorliegende Erfindung nachstehend näher erläutert.

5 Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Injektors mit zwei Magneinrichtungen,

10 Figur 2 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ventilnadelspitze,

Figur 3 ein Diagramm mit der Magnetkraft als Funktion des Luftspaltes zwischen dem Elektromagneten und dem Magnetanker,

15 Figur 4 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ventilnadelspitze mit Drosselspalt und

Figur 5 eine dritte und vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ventilnadelspitze mit Drosselspalt.

20

Ausführungsvarianten

Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Injektor mit zwei Magneinrichtungen 37, 38. Der Injektor besteht aus einem hohlen Injektorkörper 1 der an seinem einen Ende einen Ventil-  
25 sitz 2 und mehrere Einspritzöffnungen 3 enthält. Eine Ventilnadel 4 ist in Verlängerung zu einem Ventilkolben 5 in dem Injektorkörper 1 angeordnet. Die Ventilnadel 4 verschließt die Einspritzöffnungen 3 im geschlossenen Zustand des Injektors dicht gegen den (nicht dargestellten) Brennraum. In diesem Zustand findet demnach keine Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine statt.

30

Bei der linken Hälfte des dargestellten Injektors handelt es sich um eine Variante mit zwei Federn 6, 7, bei der rechten Hälfte um eine Variante mit einer Feder 8. Bei den Federn 7 und 8 handelt es sich um Druckfedern, die den Injektor im drucklosen Zustand geschlossen halten. Ferner können sie dazu dienen, den Schließvorgang des geöffneten Injektors am  
35 Ende einer Einspritzung zu gewährleisten. Die Federn 6, 7, 8 befinden sich in einer in dem Injektorkörper 1 enthaltenen Federkammer 9. Die innere Feder 7 (bei zwei Federn) und die Feder 8 (bei einer Feder) liegen an ihrem einen Ende an einer Wand des Federraumes 10 an. An ihrem anderen Ende stoßen sie auf eine Scheibe 11, die mit dem Ventilkolben 5

-4-

verbunden ist. Beim offenen Injektor ist der Ventilkolben 5 incl. Scheibe 11 in Öffnungsrichtung 12 in die Federkammer 9 hineinverschoben, so dass die Feder 7, 8 gestaucht wird und somit eine Kraft in Schließrichtung 13 auf die Scheibe 11 und den Ventilkolben 5 ausübt.

5

Bei der Variante mit zwei Federn 6, 7 stößt die äußere Feder 6 ebenfalls mit einem Ende an die Wand des Federraumes 10, wo sie befestigt ist. Mit dem anderen Ende ist die Feder 6 mit einer ringförmigen Scheibe 14 verbunden, die sich am Injektorkörper 1 abstützt. Die äußere Feder 6 ist auf eine definierte Kraft vorgespannt. Die Unterseite der ringförmigen Scheibe 14 befindet sich dabei in einem Abstand 15 von der Oberseite der Scheibe 11. Wird die Ventilnadel 4 mit dem Ventilkolben 5 und der Scheibe 11 beim Öffnen des Injektors in Öffnungsrichtung 12 um den Abstand 15 bewegt, so liegt die ringförmige Scheibe 14 auf der Scheibe 11 auf. Bei einer noch weiteren Öffnung des Injektors als Abstand 15 werden die Scheibe 11 und die ringförmige Scheibe 14 gemeinsam in Öffnungsrichtung 12 in der Federkammer 9 verschoben, so dass beide Federn 6, 7 gleichzeitig gestaucht werden und eine Kraft auf den Ventilkolben 5 in Schließrichtung 13 ausüben.

Bei der in Figur 1 dargestellten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verläuft eine Hochdruckleitung 21 mittig in Längsrichtung in dem Injektor, die den Kraftstoff unter Hochdruck, der aus einem (nicht dargestellten) Kraftstoffhochdruckspeicher (Common-Rail) in den Injektor strömt, durch den Injektor zu einem Kraftstoffvorratsraum 22 des Injektors leitet. Der Kraftstoff unter Hochdruck gelangt durch einen Zulauf 23 in die Hochdruckleitung 21. Diese mündet in die Federkammer 9 (durch die Wand 10) und wird auf der anderen Seite der Federkammer 9 durch die Scheibe 11 und den Ventilkolben 5 fortgeführt. In dem Bereich des Kraftstoffvorratsraums 22 weist der Ventilkolben 5 mehrere Öffnungen 24 auf, durch die der Kraftstoff in den Kraftstoffvorratsraum 22 gelangt. Von dort aus kann der Kraftstoff entlang der Ventilnadel 4 zu den Einspritzöffnungen 3 strömen. Eine Leckageleitung 27 dient dem Ablauf von Leckagemengen des Kraftstoffs.

Zum direkten Öffnen und Schliessen des Injektors dienen in dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zwei Magneteinrichtungen 37, 38, die jeweils einen Magnetanker 16, 17 und einen Elektromagneten 18, 19 enthalten. Die Elektromagneten 18, 19 sind fest mit dem Injektorkörper 1 verbunden. Die Elektromagneten 18, 19 sind parallel über einen elektrischen Stromanschluss 25 an eine (nicht dargestellte) Stromquelle angeschlossen.

Bei der in Figur 1 dargestellten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besitzen die Magnetanker 16, 17 einen unterschiedlichen Hub ( $h_1$  bzw.  $h_2$ ). Unter dem Hub

-5-

( $h_1$ ,  $h_2$ ) ist dabei der Weg zu verstehen, den der Magnetanker 16, 17 beim Öffnen des Injektors in Öffnungsrichtung zurücklegt, bis er an dem zugehörigen Elektromagnet 18, 19 anliegt. Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Injektor, bei dem der Hub  $h_1$  des ersten Magnetankers 16 kleiner ist als der Hub  $h_2$  des zweiten Magnetankers 17. Vorzugsweise beträgt der Hub  $h_1$  des ersten Magnetankers 30 - 60  $\mu\text{m}$  und der Hub  $h_2$  des zweiten Magnetankers 150 - 250  $\mu\text{m}$ .

In dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der zweite Magnetanker 17 fest auf dem Ventilkolben 5 angeordnet. Ferner ist der erste Magnetanker 16 gleitend auf dem Ventilkolben angeordnet. Bei geschlossenem Injektor befindet sich der erste Magnetanker 16 an einem oberen Anschlag 20, der durch eine ringförmige Ausbuchtung des Ventilkolbens 5 entsteht. In dieser Position des ersten Magnetankers 16 ist er kraftschlüssig mit dem Ventilkolben 5, der einen Durchmesser  $d_1$  hat, verbunden. Der erste Magnetanker 16 wird bei geschlossenem Injektor durch eine Rückholfeder 39 an dem oberen Anschlag 20 gehalten. Bei Bestromung der Elektromagneten 18, 19 wirkt die magnetische Kraft des ersten Elektromagneten 18 in Öffnungsrichtung 12 auf den ersten Magnetanker 16. Gleichzeitig wirkt auf den zweiten Magnetanker 17 in Öffnungsrichtung 12 die magnetische Kraft des zweiten Elektromagneten 19. Durch die magnetische Kraft der beiden Elektromagneten 18, 19 bewegen die Magnetanker 16, 17 den Ventilkolben 5 mit der Ventilnadel 4 in Öffnungsrichtung 12, da der zweite Magnetanker 17 fest und der erste Magnetanker 16 über den oberen Anschlag 20 mit dem Ventilkolben 5 verbunden sind. Die Ventilnadel 4 hebt folglich von dem Ventilsitz 2 ab und eine Einspritzung des unter hohem Druck stehenden Kraftstoffs erfolgt über die Einspritzöffnungen 3.

Der erste Magnetanker 16 liegt aufgrund seines geringeren Hubes  $h_1$  während eines Öffnungsvorganges des Injektors zeitlich vor dem zweiten Magnetanker 17 an seinen zugehörigen ersten Elektromagneten 18 an. Da der erste Magnetanker 16 jedoch gleitend auf den Ventilkolben 5 angeordnet ist, kann sich der zweite Magnetanker 17 incl. dem damit fest verbundenen Ventilkolben 5 weiter in Öffnungsrichtung 12 bewegen, bis auch der zweite Magnetanker 17 an seinem zugehörigen zweiten Elektromagneten 19 anliegt. Der erste Magnetanker 16 gleitet dabei über einen Teil 26 des Ventilkolbens 5, der einen geringeren Durchmesser aufweist, als der Ventilkolben 5 an dem oberen Anschlag 20. Beim Schließen des Injektors gelangt der erste Magnetanker mit Hilfe der Rückholfeder 39 wieder in seine Ausgangsposition an der oberen Abschlagn 20.

Durch die zwei verschiedenen Hübe  $h_1$ ,  $h_2$  der Magnetanker 16, 17 bietet sich die vorteilhafte Möglichkeit einer Hubabstimmung, d.h. für kleine Einspritzmengen kann der kleine Hub  $h_1$  des ersten Magnetankers 16 angefahren werden. Damit wird die Bewegung der

-6-

Ventilnadel 4, die im Stande der Technik im Lastbereich einen ballistischen Verlauf aufweist, stabil auf einem Teilhub ( $h_1$ ) gehalten. Folglich wird in vorteilhafter Weise die Einspritzmengenstreuung reduziert. Die Ansteuerung des Teilhubes  $h_1$  ist über die Stromstärke möglich und/oder über die Zuordnung des Abstands 15. Der Teilhub  $h_1$  wird so genau wie fertigungstechnisch möglich eingestellt, z. B. durch Verschieben des Elektromagneten 18 mit anschließendem Fixieren durch Laserschweißen.

Bei dem in Figur 1 dargestellten Injektor handelt es sich nur um eine mögliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Denkbar ist beispielsweise auch, dass ein erfindungsgemäßer Injektor zwei Magneteinrichtungen 37,38 enthält, die zwei fest an dem Ventilkolben angebrachte Magnetanker mit gleichem Hub  $h$  umfassen. Bei der Bestromung der beiden Elektromagneten wird dabei die Ventilnadel durch die auf die Magnetanker wirkende magnetische Kraft um den Hub  $h$  in Öffnungsrichtung bewegt.

Denkbar ist beispielsweise auch eine Bestromung der einzelnen Elektromagneten über separate elektrische Anschlüsse, wodurch die magnetische Kraft auf die Magnetanker 16, 17 freier variiert werden kann.

Bei der in Figur 1 dargestellten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Durchmesser  $d_1$  des Ventilkolbens 5 (in Öffnungsrichtung 12 relativ zu dem oberen Anschlag 20) gleich dem Durchmesser  $d_2$  des Ventilkolbens 5 (in Schließrichtung 13 relativ zu dem zweiten Magnetanker 17). Bei geöffnetem Injektor herrscht dabei ein Gleichgewicht der Kräfte durch den Hochdruck in Öffnungs- und Schließrichtung (12, 13), da die wirksamen Flächen, auf die der Hochdruck eine Kraft in diesen zwei Richtungen (12, 13) ausübt, die Querschnittsflächen des Ventilkolbens 5 mit den Durchmessern  $d_1$  und  $d_2$  sind. Dabei wirkt im geöffneten Zustand des Injektors die Kraft des Hochdrucks in Schließrichtung 13 auf eine Fläche

$$A_1^{\text{offen}} = \pi \left( \frac{d_1}{2} \right)^2$$

30

und in Öffnungsrichtung 12 auf eine Fläche

$$A_2^{\text{offen}} = \pi \left( \frac{d_2}{2} \right)^2.$$

35 Bei gleichem Durchmesser  $d_1 = d_2$  gilt folglich (bei geöffnetem Injektor)



-7-

$$A_1^{\text{offen}} = A_2^{\text{offen}} = A^{\text{offen}}$$

und somit

$$F_1^{\text{offen}} = p \cdot A^{\text{offen}} = F_2^{\text{offen}},$$

wobei p für den Hochdruck steht. Zum Schliessen des Injektors nach dem Abschalten der Elektromagneten 18, 19 wird demnach eine zusätzliche Kraft benötigt, die durch die Federn 6, 7, 8 aufgebracht wird.

10

Im geschlossenen Zustand des Injektors ist vorzugsweise die Kraft durch den Hochdruck auf den Ventilkolben 5 in Schliessrichtung 13 grösser als die Kraft durch den Hochdruck in Öffnungsrichtung 12. Dies ist bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit  $d_1 = d_2$  gewährleistet, da die wirksame Fläche, auf die der Hochdruck eine Kraft in Öffnungsrichtung 12 auf die Ventilmadel 4 und den Ventilkolben 5 ausübt, bei geschlossenem Injektor um die Ventilsitzfläche 28 ( $A_S$ ) reduziert ist. Die Kraft in Schließrichtung 13  $F_1^{\text{geschlossen}}$  ist dadurch größer als die Kraft in Öffnungsrichtung 12  $F_2^{\text{geschlossen}}$ . Es gilt

20

$$A_1^{\text{geschlossen}} = \pi \left( \frac{d_1}{2} \right)^2$$

und

$$A_2^{\text{geschlossen}} = \pi \left( \frac{d_2}{2} \right)^2 - A_S$$

25

woraus für  $d_1 = d_2$  folgt:

$$A_2^{\text{geschlossen}} = A_1^{\text{geschlossen}} - A_S$$

30 und somit  $A_2^{\text{geschlossen}} < A_1^{\text{geschlossen}}$  und  $F_2^{\text{geschlossen}} < F_1^{\text{geschlossen}}$ .

Der geschlossene Injektor bleibt demnach alleine schon durch den Hochdruck geschlossen. Die erforderliche Kraft zum Öffnen des Injektors wird bestimmt durch die Flächendifferenz  $A_1^{\text{geschlossen}} - A_2^{\text{geschlossen}}$  und die notwendige Kraft zum Stauchen der Federn 7, 8.

35 Bei einer weiteren (nicht dargestellten) Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Durchmesser  $d_1 < d_2$ , wobei jedoch der Flächenunterschied  $A_2^{\text{offen}} - A_1^{\text{offen}}$  kleiner oder

-8-

maximal gleich der Ventilsitzfläche  $A_S$  ist. Auch bei dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird durch die Bedingung  $A_2^{\text{offen}} - A_1^{\text{offen}} \leq A_S$  gewährleistet, dass bei geschlossenem Injektor die Kraft  $F_1^{\text{geschlossen}}$  auf den Ventilkolben 5 und die Ventalnadel 4 in Schließrichtung 13 größer oder gleich der Kraft  $F_2^{\text{geschlossen}}$  durch den Hochdruck in Öffnungsrichtung 12 ist.

Zum Schließen des offenen Injektors muß durch die Federn 6, 7, 8 bei der Variante  $d_1 < d_2$  eine gegenüber der Variante  $d_1 = d_2$  zusätzliche Kraft  $\Delta F$

$$\Delta F = F_2^{\text{offen}} - F_1^{\text{offen}}$$

aufgebracht werden, die proportional zu der Flächendifferenz

$$\Delta A = A_2^{\text{offen}} - A_1^{\text{offen}}$$

ist.

Figur 2 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer Ventalnadel. Dabei handelt es sich um eine Ventalnadel 4, die eine Form entsprechend dem Stand der Technik aufweist, jedoch einen geringeren Durchmesser  $d$  in dem Bereich besitzt, der bei geschlossenem Injektor in dem Ventilsitzbereich 31 an dem Injektorkörper 1 anliegt. Der geringere Durchmesser  $d$  ist erforderlich, damit sich der Injektor durch die maximal möglichen Magnetkräfte durch die Elektromagneten 18, 19 öffnen lässt. Beispielsweise kann der Durchmesser  $d$  bei der vorliegenden Erfindung 1,1mm betragen.

Figur 3 zeigt ein Diagramm mit der Magnetkraft als Funktion des Luftspaltes zwischen dem Elektromagneten und dem Magnetanker. Die Magnetkraft  $F$  ist umso kleiner, je größer der Luftspalt  $h$  zwischen dem Elektromagneten 18, 19 und dem Magnetanker 16, 17 ist. Bei geschlossenem Injektor liegt die Ventalnadelspitze an dem Ventilsitzbereich 31 an und der Luftspalt zwischen dem zweiten Elektromagneten 19 und dem zweiten Magnetanker 17 nimmt seine maximale Größe an (z.B. 0,25mm). Bei dieser Luftspaltgröße 1 wird der zweite Magnetanker 17 mit der Magnetkraft  $B$  vom zweiten Elektromagneten 19 angezogen. Im Teilhub  $h_1$  ist die Luftspaltgröße kleiner (Luftspaltgröße 2) und der zweite Magnetanker 17 wird von der größeren Magnetfeldkraft  $A$  angezogen. Die Magnetkraft zwischen dem ersten Magnetanker 17 und dem ersten Elektromagneten 19 verhält sich in gleicher Weise.

Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße bevorzugte Ausführungsform der Ventalnadel. Zur Reduzierung der zum Schliessen des offenen Injektors erforderlichen Federkraft, insbesondere bei der Variante  $d_1 < d_2$ , ist die Ventalnadel 4 bzw. die Ventalnadelspitze 29 so geformt, dass sich ein Drosselspalt 30 zwischen der Ventalnadel 4 und dem Injektorkörper 1 befindet. Während des Einspritzvorganges wird der Druck im Ventilsitzbereich 31 durch den Drosselspalt 30 reduziert und damit der Schließvorgang unterstützt.

Figur 5 zeigt zwei weitere bevorzugte Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Ventalnadel, eine in der linken und eine andere in der rechten Hälfte der Figur. Bei beiden dargestellten Ausführungsformen ist die Ventalnadel 4 wiederum so geformt, dass sich bei offenem Injektor ein Drosselspalt 30 zwischen der Ventalnadel 4 und dem Injektorkörper 1 befindet, der den Druck im Ventilsitzbereich 31 verringert. Die Drosselung wird bei diesen Ausführungsformen gegenüber der in Figur 4 dargestellten Ausführungsform noch verstärkt, da der Drosselspalt 30 nicht nur im konischen Ventilsitzbereich 31, sondern entlang eines Teils der zylindrischen Bohrung 33 in dem Ventilkörper 1 verläuft. Bei der in der rechten Hälfte von Figur 5 dargestellten Ausführungsform entsteht dieser Drosselspalt 30 entlang eines Teils der zylindrischen Bohrung 33 des Ventilkörpers 1 durch einen Teilbereich 32 der Ventalnadel 4, in dem die Ventalnadel 4 einen größeren Durchmesser besitzt. Dadurch ist der Zwischenraum zwischen der Ventalnadel 4 und dem Ventilkörper 1 verkleinert, so dass entlang dieses Teilbereichs 32 ebenfalls ein Drosselspalt 30 angeordnet ist. Dieser Drosselspalt 30 bleibt entlang des Teilbereichs 32 unabhängig von dem Hub der Ventalnadel 4 bestehen.

Im Unterschied dazu ist bei der in der linken Hälfte von Figur 5 dargestellten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Injektors das Bestehen bzw. die Länge des Drosselspalts entlang des Teilbereichs 34 abhängig von der Stellung der Ventalnadel 4. Je weiter die Ventalnadel 4 in Öffnungsrichtung 12 relativ zum Ventilkörper 1 verschoben ist, um so kleiner ist die Überdeckung 35 zwischen einem Bereich 36 der Bohrung 33 mit einem kleineren Durchmesser und dem Teilbereich 34 der Ventalnadel 4 mit größerem Durchmesser. Ab einem von der Breite und Anordnung der Bereich 34 und 36 abhängigen Hub der Ventalnadel 4 ist keine Überdeckung 35 mehr vorhanden und der Abstand zwischen Ventilkörper 1 und Ventalnadel 1 wird größer, so dass keine Drosselung mehr erfolgt.

Diese in der linken Hälfte der Figur 5 dargestellte bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Injektors kann in vorteilhafter Weise mit der Ausführungsform mit zwei Federn kombiniert werden. Beim Öffnen des Injektors wirkt nur die längere Feder den magnetischen Kräften entgegen. Ab einem gewissen Vorhub der längeren Feder (entsprechend Abstand 15 in Figur 1) wirken beide Federn dem Öffnen des Injektors entgegen. Die Fe-

-10-

derkräfte können jedoch überwunden werden, da der Hochdruck schon bei teilgeöffnetem Injektor im Sitzbereich auf die Ventilnadel 4 wirkt und die Magnetkräfte durch den geringeren Abstand des jeweiligen Magnetankers 16, 17 von seinem Elektromagnet 18, 19 bereits angestiegen sind. Der Injektor öffnet vollständig und die Kraftstoffeinspritzung erfolgt. Zum Schließen werden die Elektromagneten abgeschaltet. Zunächst wirken beide Federn 6, 7 auf den Ventilkolben 5. Wenn die kürzere Feder 6 mit der ringförmigen Scheibe 14 ihren Anschlag im Injektorkörper 1 erreicht und die längere Feder alleine in Schließrichtung auf dem Ventilkolben wirkt, wird bereits die Überdeckung 35 wirksam und die hydraulischen Kräfte (Druckabfall im Ventilsitzbereich 31) unterstützen das vollständige Schließen des Injektors.

Patentansprüche

- 5 1. Injektor zur Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen mit
- a) einem hohlen Injektorkörper (1), der an seinem einen Ende einen Ventilsitz (2) und mindestens eine Einspritzöffnung (3) umfasst,
- 10 b) einer Ventilnadel (4), die in Verlängerung zu einem Ventilkolben (5) in dem Injektorkörper (1) angeordnet ist, so dass sie im geschlossenen Zustand die mindestens eine Einspritzöffnung (3) verschliesst und
- 15 c) mindestens einer Feder, die den Injektor im drucklosem Zustand durch Drücken der Ventilnadel (4) in den Ventilsitz (2) geschlossen hält,
- dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 der Injektor mindestens zwei Magneteinrichtungen (37, 38) umfasst, die zum direkten Öffnen und Schliessen des Injektors dienen.
2. Injektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Magneteinrichtungen (37, 38) je einen Magnetanker (16, 17) und einen Elektromagneten
- 25 (18, 19) enthalten.
3. Injektor gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Magnetanker (17) fest auf dem Ventilkolben (5) angeordnet ist.
- 30 4. Injektor gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Magnetanker (16) gleitend auf dem Ventilkolben (5) angeordnet ist.
5. Injektor gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetanker (16, 17) einen unterschiedlichen Hub ( $h_1$ ,  $h_2$ ) besitzen.
- 35 6. Injektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Hochdruckleitung (21) mittig in dem Injektor in Längsrichtung verläuft, die den Kraftstoff unter Hochdruck,

der aus einem Kraftstoffhochdruckspeicher in den Injektor strömt, durch den Injektor zu einem Kraftstoffvorratsraum (22) des Injektors leitet.

- 5 7. Injektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei geschlossenem Injektor die Kraft  $F_1^{\text{geschlossen}}$  durch den Hochdruck auf den Ventilkolben (5) und die Ventalnadel (4) in Schließrichtung (13) größer ist, als die Kraft  $F_2^{\text{geschlossen}}$  durch den Hochdruck in Öffnungsrichtung (12) ist.
- 10 8. Injektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei geschlossenem Injektor die Kraft  $F_1^{\text{geschlossen}}$  durch den Hochdruck auf den Ventilkolben (5) und die Ventalnadel (4) in Schließrichtung (13) gleich der Kraft  $F_2^{\text{geschlossen}}$  durch den Hochdruck in Öffnungsrichtung (12) ist.
- 15 9. Injektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Injektor zwei Federn (6, 7) umfasst, wobei eine Feder (6) die andere Feder (7) umgibt und eine der Federn (6) kürzer und vorgespannt ist, so dass sie erst ab einer gewissen Stauchung der längeren Feder (7) eine Kraft auf den Ventilkolben (5) in Schließrichtung (13) ausübt.
- 20 10. Injektor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventalnadel (4), insbesondere ihre Ventalnadelspitze (29), so geformt ist, dass sich bei teilgeöffnetem Injektor ein Drosselspalt (30) zwischen der Ventalnadel (4) und dem Injektorkörper (1) befindet.
- 25 11. Injektor gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestehen, die Größe und die Länge des Drosselspalts (30) von der Stellung der Ventalnadel (4) abhängen.
- 30 12. Injektor gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überdeckung (35) wirksam wird, durch die sich ein Drosselspalt (30) zwischen der Ventalnadel (4) und dem Injektorkörper (1) befindet, sobald die kürzere Feder (6) ihren Anschlag erreicht hat und die längere Feder (7) alleine in Schließrichtung (13) auf den Ventilkolben (5) wirkt.

1/2

Fig.1

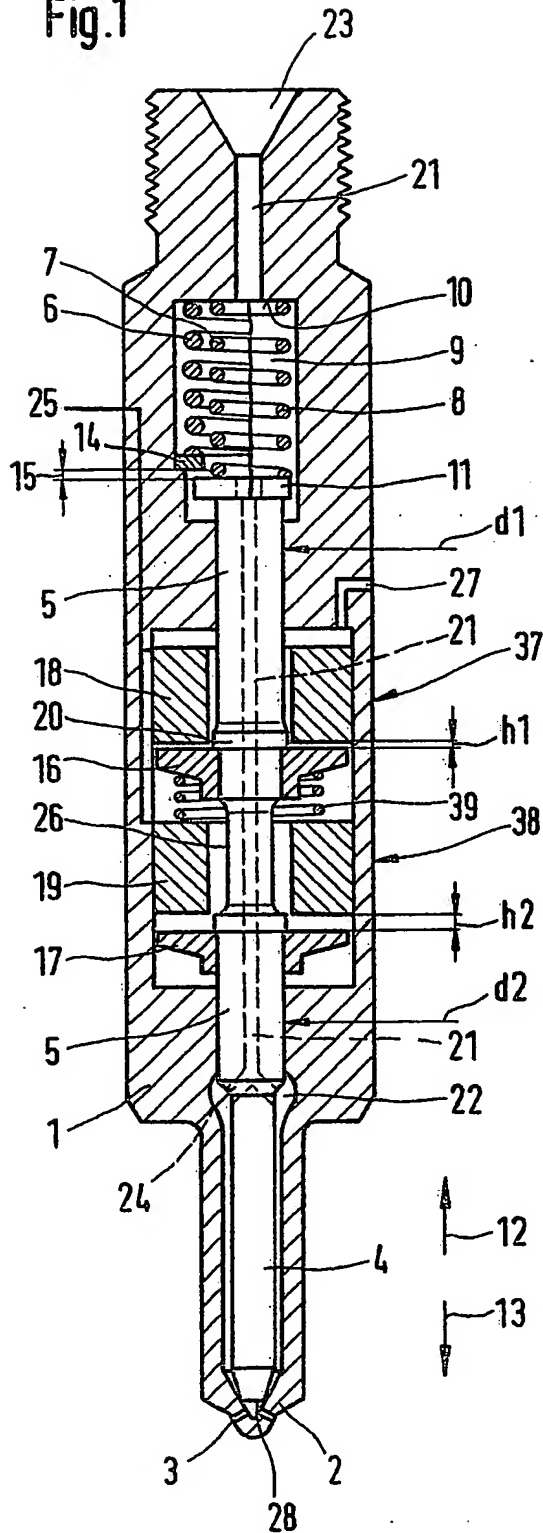


Fig.2

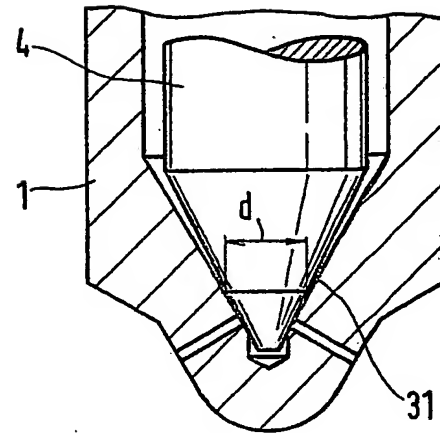
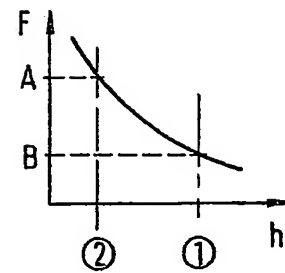


Fig.3



2/2

Fig. 4

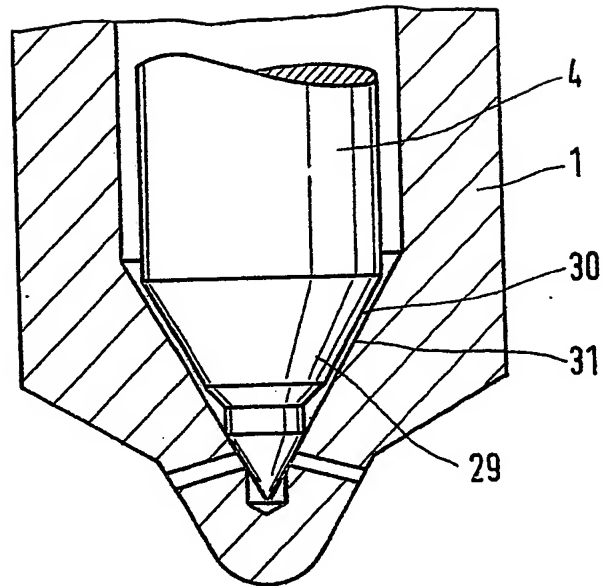
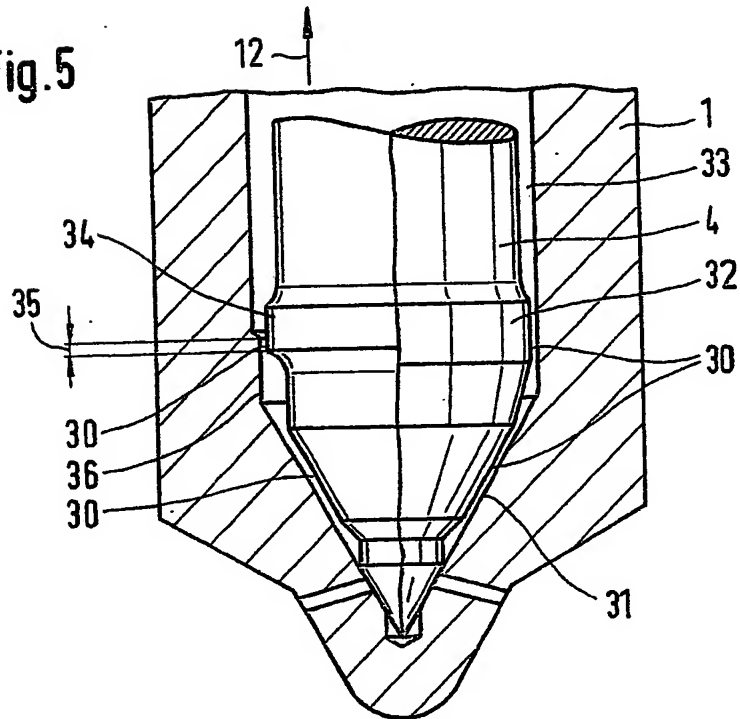


Fig. 5





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte Application No

PCT/DE 02/04016

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02M51/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 04 960 A (BOSCH GMBH ROBERT) 9 August 2001 (2001-08-09) column 2, line 53 -column 4, line 63; figures 1,2	1-5
X	DE 44 03 148 A (IAV MOTOR GMBH) 10 August 1995 (1995-08-10) column 2, line 18 -column 4, line 16; figures 1,4	1-3,6,7, 9
Y		8,10,11
Y	US 5 421 521 A (GIBSON DENNIS H ET AL) 6 June 1995 (1995-06-06) column 3, line 4 -column 6, line 10; figure 5	8
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 March 2003

Date of mailing of the international search report

19/03/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nobre, S

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter I Application No

PCT7DE 02/04016

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 323 (M-531), 5 November 1986 (1986-11-05) &amp; JP 61 129458 A (MAZDA MOTOR CORP), 17 June 1986 (1986-06-17) abstract; figure 2</p>	10, 11

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/04016

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10004960	A	09-08-2001	DE 10004960 A1	09-08-2001
			WO 0157392 A1	09-08-2001
			EP 1255929 A1	13-11-2002
DE 4403148	A	10-08-1995	DE 4403148 A1	10-08-1995
US 5421521	A	06-06-1995	CA 2136258 A1	24-06-1995
			DE 4446070 A1	29-06-1995
			GB 2285095 A , B	28-06-1995
			JP 7208302 A	08-08-1995
JP 61129458	A	17-06-1986	JP 1599780 C	31-01-1991
			JP 2022235 B	17-05-1990

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02M51/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 100 04 960 A (BOSCH GMBH ROBERT) 9. August 2001 (2001-08-09) Spalte 2, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 63; Abbildungen 1,2	1-5
X	DE 44 03 148 A (IAV MOTOR GMBH) 10. August 1995 (1995-08-10) Spalte 2, Zeile 18 - Spalte 4, Zeile 16; Abbildungen 1,4	1-3,6,7, 9
Y	US 5 421 521 A (GIBSON DENNIS H ET AL) 6. Juni 1995 (1995-06-06) Spalte 3, Zeile 4 - Spalte 6, Zeile 10; Abbildung 5	8,10,11
Y		8
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. März 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/03/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Nobre, S

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 323 (M-531), 5. November 1986 (1986-11-05) & JP 61 129458 A (MAZDA MOTOR CORP), 17. Juni 1986 (1986-06-17) Zusammenfassung; Abbildung 2	10, 11

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/04016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10004960	A	09-08-2001	DE	10004960 A1		09-08-2001
			WO	0157392 A1		09-08-2001
			EP	1255929 A1		13-11-2002
DE 4403148	A	10-08-1995	DE	4403148 A1		10-08-1995
US 5421521	A	06-06-1995	CA	2136258 A1		24-06-1995
			DE	4446070 A1		29-06-1995
			GB	2285095 A ,B		28-06-1995
			JP	7208302 A		08-08-1995
JP 61129458	A	17-06-1986	JP	1599780 C		31-01-1991
			JP	2022235 B		17-05-1990